

Glütensiz Ekmek Formülasyonlarında Nohut Unu Kullanımının Ekmeğin Kalitesi Üzerine Etkisi

Damla Barışık¹, Şebnem Tavman²

¹Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova İzmir
²Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova İzmir

Geliş Tarihi (Received): 09.08.2016, Kabul Tarihi (Accepted): 02.12.2016

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): damlabrsk@gmail.com (D. Barışık)

☎ 0 232 388 23 95 📠 0 232 342 75 92

ÖZ

Çalışma kapsamında farklı oranlarda nohut unu kullanımının üretilen pirinç bazlı glütensiz ekmeklerin kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Pirinç bazlı glütensiz ekmekler direk hamur fermantasyon metoduyla elde edilmiştir. Nohut unu (%10.59 nem, %19.11 protein, %2.84 kül) ve esmer pirinç unu (%15.79 nem, %4.94 protein, %1.44 kül); diyet lifi, protein ve mineralce zengin olması nedeniyle kullanılmıştır. Glütensiz ekmek örneklerinin kalite karakteristiği % pişme kaybı, özgül hacim, protein, kül, renk, doku profil ve SEM analizi metotlarıyla değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, glütensiz ekmek formülasyonlarında nohut unu miktarındaki artış, ekmek özgül hacim ve pişme kaybını azaltırken kül, protein ve CIE L*, a*, b* değerlerini arttırdığı bulunmuştur (p<0.05). Aynı zamanda, ekmek formülasyonlarında nohut unu miktarı ve depolama süresi artmasıyla sertlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir (p<0.05). Duyusal analiz sonuçlarına göre en beğenilen ekmeğin %40 nohut unlu ekmek örneği olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Anahtar Kelimeler: Nohut unu, Ekşi maya, Reoloji, Çölyak hastalığı

Using Chickpea Flour in Gluten Free Bread Formulation to Effect of Bread Quality

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of using different amounts of chickpea flour on quality characteristics of rice-based gluten free bread. Rice-based gluten free breads were produced by straight dough fermentation procedure. Chickpea flour (10.59% moisture, 19.11% protein, 2.84% ash) and brown rice flour (15.79% moisture, 4.94% protein, 1.44% ash) were used because of their high contents of dietary fiber, minerals and especially protein. The quality characteristics of gluten free breads were determined by performing % baking loss, specific volume, protein, ash, color, texture profile analysis and SEM. As a result of the analyses, increasing the amount of chickpea flour in gluten-free bread formulations decreased the specific volume and baking loss while increasing ash, protein and CIE L*, a*, b* values of gluten-free bread samples (p<0.05). Meanwhile, it has been observed that increasing the amount of chickpea flour in breads and duration time increased the hardness value of gluten-free bread samples (p<0.05). According to the results of the sensory analysis, the most liked bread sample was gluten-free bread sample including 40% chickpea flour.

Keywords: Chickpea flour, Sourdough, Rheology, Celiac disease

GİRİŞ

Küreselleşmenin etkileri ve teknolojinin hızlı bir biçimde gelişmesi sonucunda toplumların sosyal ve ekonomik yapılarından bireylerin beslenme alışkanlıklarına kadar pek çok değişim meydana gelmektedir. Ancak bu değişime rağmen beslenme konusunda tahıl ve ürünlerinin Türkiye ve dünyada hala önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir [12, 26, 53, 59, 62]. Son yıllarda bazı tahıllar çeşitli katkı maddeleri yardımıyla diyet lifi ile zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalar üretmek amacıyla kullanılmaktadır [60]. Tahıl bazlı fonksiyonel gıdaların insan sağlığını olumlu yönde etkilemesi nedeniyle tahıl kullanılarak yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi önemli bir yer tutmaktadır [44]. Besleyici özelliğinin yanı sıra tahılların ekonomik olması da dünya nüfusunun kullandığı temel gıda maddesi olmasını etkilemektedir [12, 58, 59]. Bunların yanı sıra dünya popülasyonunun %1-2'sinde çölyak hastalığının görülme sıklığı bulunması sonucunda glutensiz gıdalara olan ilgi artmakta ve tahıllı gıdaların üretimi için alternatif yöntemler araştırılmaktadır [4, 17, 28, 29, 31, 36, 43, 49, 61].

Buğday, mısır, çavdar, çeltik, arpa, yulaf gibi tanelerin tümünü ifade etmek için tahıl terimi kullanılmaktadır [59]. Buğday (*Triticum aestivum*) ise ekmek yapımında kullanılmakta ve tüm dünyada hasat edilen, kökeni güneybatı Asya ve Akdeniz bölgesine dayanan ek yıllık otsu bitki cinsi olup, Poaceae familyasının bir türü olarak tanımlanmıştır [57]. Buğdayın yapısında yer alan glutenin protein fraksiyonu viskoelastik hamur oluşumdan sorumludur ve bu hamur daha sonra ekmek, makarna ve diğer gıda ürünlerine işlenmektedir [20]. Bu protein fraksiyonu çölyak hastaları tarafından tolere edilememektedir [29]. Çölyak hastalığı, genetik yatkınlığın da etkili olduğu ve gıdalardaki glutenin varlığı sonucu ortaya çıkan bir enteropati [67]; buğday ve diğer tahıllarda bulunan gluten ve glutene benzer proteinlerin vücuda alınması sonucunda ortaya çıkan ve diğer ismiyle glutene hassas bağırsak sistem olarak bilinen bir gıda intoleransı [58] ya da buğday gliadin fraksiyonuna ve çavdar (sekalin), arpa (hordein) ve yulaf (avidin) prolaminlerine karşı ömür boyu intolerans [22, 24, 44, 46, 50, 55] olarak tanımlanmaktadır. Glüten intoleransına karşı tek tedavi metodunun glutensiz beslenme olduğu, diğer tedavi alternatifleri arasında ilk sırada gluten ön sindirimini sağlayan glutenaz kullanımı olduğu öne sürülmektedir [11]. Çölyak hastalığının Avrupa, Kuzey ve Güney Amerika, Avustralya yanı sıra Hindistan, Orta Doğu ve Kuzey Afrika gibi bölgelerde de görülmeye başladığı bildirilmektedir [35].

Çölyak hastalarının sayısının artışı ile glutensiz ürünlere duyulan gereksinimin artması ve çeşitli tahıl unlarının sağlık açısından faydaları nedeniyle çeşitli glutensiz unların nişasta, hayvansal ve bitkisel protein kaynakları ve hidrokolloidler ile çeşitli oranlarda bileşimleri sayesinde glutensiz ekmek yapımı konusunda çalışmalar bulunmaktadır [23, 34, 40, 41, 42, 52, 54]. Doğunun ağız hissi, iyi düzeyde kabul edilebilirlik ve uzun raf ömrü gibi olumlu yönleriyle nohut unu (*Cicer arietinum* L.) [3, 37, 39], esmer pirinç unu [27, 41, 49] ve patates nişastası [42, 45] gibi önemli alternatif

bileşenlerin yapısal özellikleri glutensiz fırıncılık ürünlerinin hazırlanması ve geliştirilmesinde kullanılabilirlerdir.

Bu çalışma esnasında *S. cerevisiae* içeren glutensiz ekmek üretimi yapılacaktır. Çalışmada; glutensiz ekmek tüketenlere özellikle de çölyak hastalığına sahip kişilere sağlıklı, arzulanabilir niteliklerde bir ürün sunabilmek hem de ürün çeşitliliğini arttırabilmek amacıyla esmer pirinç ekmeğine belirli oranlarda eklenmiş nohut unu kullanılacaktır. Nohut unu kullanılmasının temel nedeni ise nohutunun; protein (22.39g/100g), lif (10.8g/100g) ve mineral içeriği (Ca, Fe, Mg, P, K, Na, Zn miktarları sırasıyla 45mg; 4.86mg; 166mg; 318mg; 846mg; 64mg; 2.81mg/100g) bakımından zengin olmasıdır [60].

MATERYAL ve METOT

Materyal

Glutensiz ekmek üretimi için kullanılan hammaddeler; nohut unu (Doğalsan Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti, Ankara Türkiye), esmer pirinç unu (Değirmen Tic., İzmir, Türkiye), patates nişastası (Hasal Tarım Ur. San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye), şeker, tuz, sıvı yağ, kuru maya (Pakmaya, İzmir, Türkiye) ve ksantan gamdır (Sigma-Aldrich). Esmer pirinç unu, 0.5 mm'lik elekten geçebilecek şekilde laboratuvar tipi çekiçli değirmende (Armfield, UK) öğütülmüştür.

Metot

Kimyasal Kompozisyon

Kullanılan unların protein [2] LECO Nitrojen/Protein Analizörü FP-528 cihazıyla (Leco, St. Joseph, Mich., ABD), nem [10], kül [30], pH [1], su aktivitesi TESTO-AG 400 (Almanya) su aktivitesi ölçüm cihazıyla ve renk [21] değerleri belirtilen metotlar baz alınarak iki tekerrürlü ve iki paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca un örneklerine SEM analizi x2500 büyütme oranında Quanta FEG 250 (FEI, ABD) markalı taramalı elektron mikroskopu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nohut ve esmer pirinç ununun protein değerleri sırasıyla 6.25 [5, 33, 56] ve 5.69 [19] nitrojen dönüşüm faktörü kullanılarak belirlenmiştir.

Pişirme Prosedürü

Glutensiz nohut unu katkılı ekmeklerin üretimi Tablo 1'de belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Bileşen yüzdeleri, 100g un üzerinden ifade edilmektedir. Ekmek formülasyonları, [6] tarafından kullanılan formül baz alınarak modifiye edilmiş ve tüm ekmeklerdeki su oranı sabit tutulmuştur. Glutensiz ekmek üretiminde un ve nişasta karışımının % 0-20-40-60'luk kısmında nohut unu kullanılmakta ve bu karışımın geriye kalan kısmını Tablo 1'de gösterildiği şekilde %50 esmer pirinç unu ve %50 patates nişastası oluşturmaktadır. Hamur; un karışımı, nişasta, tuz, şeker, ayçiçeği yağı, kuru maya ve suyun 8 dk. boyunca 4. kademe ve daha sonradan ksantan gum ekleyip aynı kademe 2 dakika daha karıştırılmasıyla elde edilmektedir (Kitchen Aid, 5KSM, Elk Grove Village, ABD). Elde edilen hamur 30°C'de

%70-75 relatif rutubette 15 dakika fermantasyona tabi tutulmaktadır (Inoksan FGM 100, Türkiye). Hamur homojenize edilip ekmeğin panlarına 400g'lık kesilerek aynı koşullarda 20 dakikalık ikinci bir fermantasyona tabi tutulmaktadır. Glütensiz ekmeğin, 220°C'de 30 dakika

boyunca Vestel marka bir konveksiyonel fırında pişirilmiş ve soğumak üzere 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Tüm analizler pişirme işlemini takiben 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Nohut Unu Katkılı Ekmeğin Üretiminde Kullanılan Bileşenler (%)

İçindekiler (%)	Nohut Unu Oranı* (%)			
	0	20	40	60
Nohut unu	-	20	40	60
Esmer pirinç unu	50	40	30	20
Patates nişastası	50	40	30	20
Tuz ¹	2	2	2	2
Şeker ¹	6	6	6	6
Ayçiçek yağı ¹	4	4	4	4
Maya ¹	3	3	3	3
Ksanthan gum ¹	1	1	1	1
Su ¹	90	90	90	90

*Nohut unu ikamesi esmer pirinç unu+patates nişastası üzerinden % olarak yapılmıştır. ¹Bileşenlerin her biri nohut unu+esmer pirinç unu+ patates nişastası üzerinden % olarak uygulanmıştır.

Ekmeğin Analizleri

Glütensiz ekmeğin kalite karakteristiklerini belirlemek amacıyla % pişme kaybı, spesifik hacim [20], renk [21], tekstür profil analizi ve SEM analizi gerçekleştirilmiştir. Spesifik hacim; 25°C'de pişirmeden bir gün sonra kolza

tohumu yer değiştirme metoduna baz alınarak yapılmış; spesifik hacim değeri, ekmeğin hacmi/ ağırlığı (cm³/g) ve % pişme kaybı ise aşağıdaki formülasyonla hesaplanmaktadır [63]. Ölçümler her bir ekmeğin için üç kez tekrar edilmiştir.

$$\text{Pişme Kaybı (\%)} = (\text{Başlangıç Hamur Ağırlığı} - \text{Ekmeğin Soğuduktan Sonraki Ağırlığı}) \times 100 / \text{Başlangıç Hamur Ağırlığı}$$

Doku analizi ise her bir ekmeğin orta kısmından üç parça alınarak 1. ve 3. günlerde gerçekleştirilmiştir [8, 37]. Her bir ekmeğin dilimi 25 mm kalınlığında kesilmiş ve analiz öncesi ekmeğin kabuk kısmı kesilerek uzaklaştırılmıştır. Analiz; 25 mm çaplı alüminyum silindirik prob ve 10 kg ağırlıklı TA_XTEExpress tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir. Prob; test öncesi, test ve test sonrası hızları 2 mm/s, trigger kuvveti 20 g ve ekmeğin kalınlığının %40'ını sıkıştırarak şekilde (10 mm) ayarlanmış, sertlik, yapışkanlık, esneklik değerleri ölçülmüştür.

Ekmeğin örneklerinin L* (parlaklık; L*=100, beyaz; L*=0, siyah), a* (+a), kırmızılık; (-a), yeşillik), b* (+b), sarılık; (-b), mavilik) renk değerleri Konica Minolta CM 700D (Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kabuk renk ölçümü beş farklı noktadan; ekmeğin içi renk ölçümü ise ekmeğin merkezine yakın dört farklı dilim kullanılarak elde edilmiştir. Glütensiz ekmeğin örneklerinin su aktivitesi değerlerinin belirlenmesinde TESTO-AG 400 (Almanya) su aktivitesi ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) Analizi

Glütensiz ekmeğin örneklerinin gözenek yapısını incelemek amacıyla Quanta FEG 250 (FEI, ABD) markalı taramalı elektron mikroskopu kullanılmıştır. Analiz öncesinde ekmeğin örnekleri yaklaşık 1 cm³ boyutunda kesilmiş ve 3 saat boyunca -40°C'deki liyofilizatörde (Armfield, FT 33 Vacuum Freeze Drier, İngiltere) kurutulmuştur. Örneklerin büyütme oranları

ekmeğin örnekleri için x1000 ve un örnekleri için x2500 olarak alınmıştır.

Duyusal Analiz

Duyusal değerlendirme için; sıralama testi uygulanmıştır. Panelistler Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümündeki öğretim elemanı ve lisansüstü öğrencilerinden seçilmiştir. Üretilen glütensiz ekmeğin dilimlenerek daha önceden yarı eğitilmiş 20 panelist tarafından ekmeğin içi rengi, ekmeğin içi sertliği, lezzet ve genel beğeni tercihlerini 1 (en az veya en açık) ile 4 (en çok veya en koyu) arasında sıralaması istenmiştir [7].

İstatistiksel Analiz

SPSS 20.0 (SPSS Inc., ABD) paket programıyla %95 güven aralığında varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kimyasal Kompozisyon

Nohut unu, esmer pirinç unu ve patates nişastasının kimyasal kompozisyonu Tablo 2, renk değerleri (L*, a* ve b*) değişimi Tablo 3'te verilmiştir. Literatürde nohut unu için kül miktarı %2.72-2.91 ve protein miktarı %18.5-24.3 [15, 32] nem miktarı %7.26-8.47 [25] olarak belirtilmiş kül ve protein değerlerinin literatürle uyumlu olduğu nem değerinin ise daha yüksek olduğu

gözlemlenmektedir. Esmer pirinç unu için literatürde kül miktarı %1.27-1.54 [16] nem miktarı %14.92-15.98 [65] protein miktarı %7.3-9.06 [14, 69] olarak belirtilmiş, kül ve nem değerlerinin literatürde belirtilen değerlerle uyumlu olduğu protein değerinin ise daha düşük olduğu gözlemlenmektedir. Patates nişastası kül miktarı %0.20-0.30 [47] olarak bulunmuş ve Tablo 2 ile kıyaslandığında elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Ravi ve Harte, nohut unu L değerini 86.90-87.43, a değerini 0.74-1.23 ve b değerini 17.37-17.92 olarak belirtmişlerdir [51]. Aguilar ve ark. nohut unu $L^*=86.94$, $a^*=-2.47$, $b^*=22.11$ olduğunu bulmuşlardır [2]. Literatürde bulunan sonuçlar Tablo 3 ile kıyaslandığında nohut unu L^* ve a^* değerlerinin daha düşük b^* değerinin ise daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 2. Un ve nişasta örneklerinin kimyasal kompozisyonları*

	Nohut Unu	Esmer Pirinç Unu	Patates Nişastası
Nem (%)	10.59	15.79	16.75
Kül ^a (%)	2.84	1.44	0.33
Protein ^{a,b} (%)	19.11	4.94	-
pH	6.63	6.68	7.03
Su aktivitesi (a_w)	0.618	0.707	0.621

a: kuru maddede; b: nohut unu için: 6.25, esmer pirinç unu için: 5.69

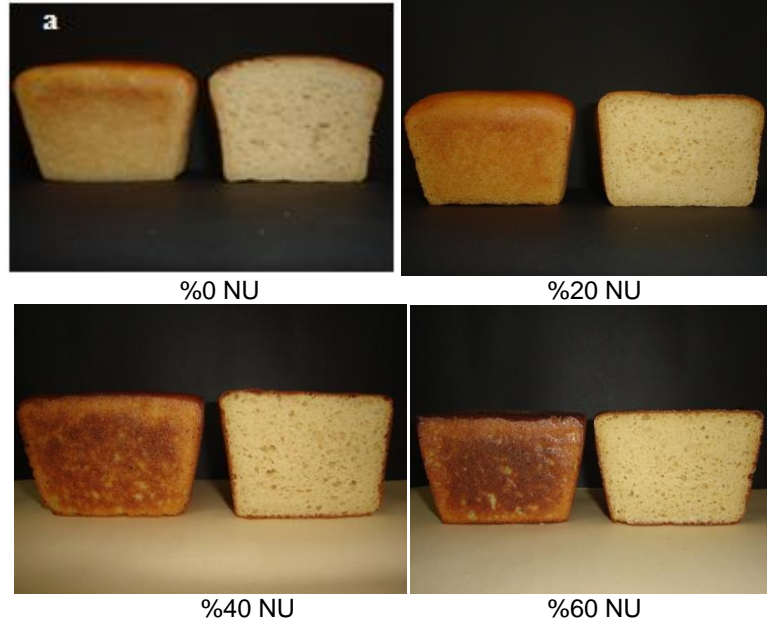
Tablo 3. Un ve nişasta örneklerinin renk değerleri

Renk Parametresi	Nohut Unu	Esmer Pirinç Unu	Patates Nişastası
L^*	83.46	82.68	93.77
a^*	0.60	1.04	-0.45
b^*	23.88	11.11	2.43

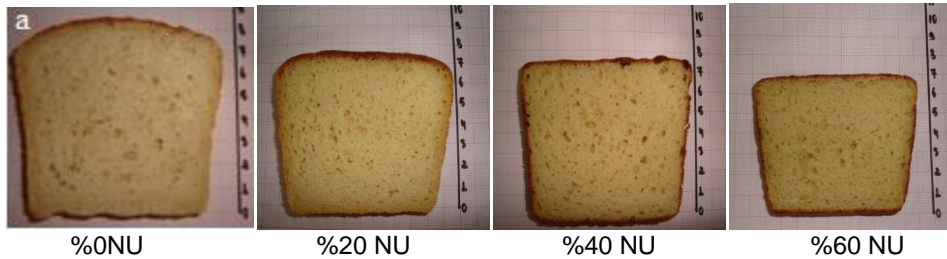
Ekmek Denemeleri Sonuçları

Nohut unu ilaveli glutensiz ekmek örneklerinin somun ve dilim görüntüleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de; pişme

kayı, özgül hacim, nem, su aktivitesi, protein ve kül değerleri Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 1. Nohut unu ilaveli glutensiz ekmeklerin somun görüntüleri.



Şekil 2. Nohut unu ilaveli glutensiz ekmeklerin dilim görüntüleri.

Farklı oranlarda nohut unu içeren glutensiz ekmeklerin pişme kaybı, özgül hacim, protein, kül, nem ve su aktivitesi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0.05$). Ekmek örneklerinin nem içerikleri %49.83-51.09 arasında değişmektedir. En yüksek nem miktarı, esmer pirinç unu ve patates nişastasından oluşan %0 NU (kontrol) grubu ekmeğinde gözlenmektedir, en düşük nem değeri ise %40 NU ekmek örneklerinde bulunmuştur. Glütensiz ekmek örneklerinde nohut unu miktarındaki artış nem değerlerinde (%40 NU hariç) azalmaya; protein ve kül değerlerinde artmaya

neden olmuştur ($p<0.05$). Glütensiz ekmeklerdeki protein ve kül değerlerindeki artış, ekmek içeriğindeki nohut unu miktarının artmasıyla ilişkilidir. Özgül hacim değeri en yüksek %0 NU ekmek örneğinde bulunmuş hacim değerinin nohut unu oranı artmasıyla azaldığı ve %40 NU ve %60 NU ekmek örneklerinin aynı özgül hacim değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Diğer araştırmalarda da [13, 38, 39, 66, 68] ekmek örneklerinde nohut unu miktarı arttıkça özgül hacim değerlerinde azalma gözlemlendiğini bulmuşlardır ($p<0.05$).

Tablo 4. Nohut unu ilaveli glutensiz ekmeklerin pişme kaybı, özgül hacim, nem, su aktivitesi, protein ve kül analizi sonuçları

Ekmek Çeşidi	Pişme kaybı (%)	Özgül hacim (cm ³ /g)	Nem (%)	Su aktivitesi	Protein (%) [*]	Kül (%) [*]
% 0 NU (Kontrol)	14.86 ^c	1.73 ^c	51.09 ^b	0.949 ^b	4.44 ^a	1.62 ^a
% 20 NU	13.46 ^b	1.43 ^b	50.89 ^b	0.949 ^a	7.33 ^b	1.93 ^{a,b}
% 40 NU	13.89 ^b	1.28 ^a	49.83 ^a	0.948 ^{a,b}	9.88 ^c	2.18 ^{b,c}
% 60 NU	12.18 ^a	1.28 ^a	50.35 ^a	0.934 ^a	13.37 ^d	2.45 ^c

^{a-d}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan fark olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)

Tablo 5. Nohut unu ilaveli glutensiz ekmeklerin ekmek içi ve ekmek kabuğu renk analizi sonuçları

Ekmek Tipi	Ekmek İçi			Ekmek Kabuğu		
	L [*]	a [*]	b [*]	L [*]	a [*]	b [*]
%0 NU (Kontrol)	65.012 ^a	-1.302 ^a	12.208 ^a	40.044 ^d	12.890 ^b	16.480 ^b
%20 NU	66.25 ^{a,b}	-0.686 ^b	19.520 ^b	38.252 ^c	11.390 ^a	10.328 ^a
%40 NU	67.612 ^b	0.580 ^c	22.202 ^c	36.824 ^b	13.342 ^b	11.724 ^a
%60 NU	68.56 ^c	2.244 ^d	23.728 ^c	31.178 ^a	16.752 ^d	15.622 ^b

^{a-d}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan fark olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Nohutunun glutensiz ekmeklerin ekmek içi ve ekmek kabuğu renk değişimleri üzerine etkisi Tablo 5'de görülmektedir. Ekmek örneklerinin ekmek içi ve kabuğu renk değerleri istatistiksel olarak farklı ($p<0.05$) olmakla birlikte glutensiz ekmek örneklerine nohut unu eklenmesi hem ekmek içi hem de ekmek kabuğu renk değerlerini önemli düzeyde etkilemektedir. Özellikle nohut unu miktarındaki artış ekmek örneklerinin sarılık değerlerini arttırmaktadır. Ekmek örneklerinde nohut unu miktarı arttıkça ekmek içi L^{*} ve a^{*} değerlerinde artma ve ekmek kabuğu L^{*} değerlerinde azalma a^{*} ve b^{*} değerlerinde ise doğrusal bir artış olmadığı belirtilmiş ve bunun nedeni olarak da nohutunun yüksek lizin oranı sonucu pişme işlemi sırasında Maillard reaksiyonunun artması olarak belirtmekte ve elde edilen sonuçlar ekmek içi beyazlık (L^{*}) değeri hariç literatür ile uyum gösterdiği bulunmuştur [3, 18, 39].

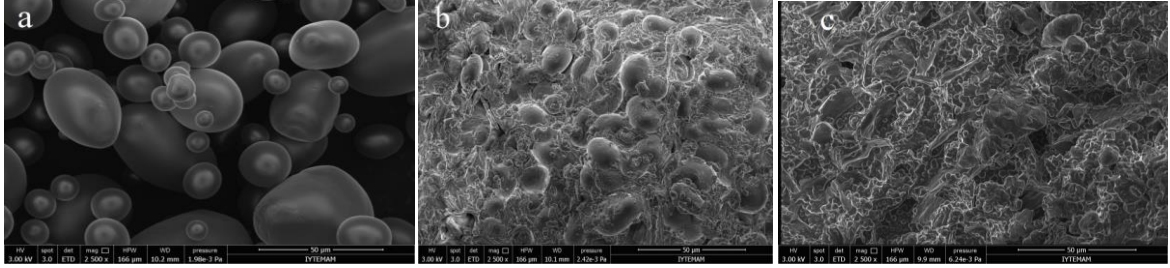
Doku Profil Analizi

Glütensiz ekmek örneklerinin 1. ve 3. gün doku profil analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Ekmek içi sertlik ve çignenebilirlik değerleri hem depolama süresi hem de nohut unu miktarı arttıkça artmakta ve en düşük ekmek içi sertlik ve çignenebilirlik değeri %0 NU ekmeğinde gözlemlenmektedir. 1. ve 3. günler ayrı ayrı değerlendirildiğinde üretilen glutensiz ekmekler kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında sertlik (N), yapışkanlık ve çignenebilirlik (N) değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmakla birlikte ($p<0.05$), esneklik değerinde önemli düzeyde farklılık tespit edilememiştir ($p>0.05$). Nohut unu artışının ekmek içi sertlik değerini arttırdığı belirtilmiştir [9, 66]. Miñarro ve ark. [37] nohut unu kullanarak ürettikleri ekmeklere 1, 3 ve 5. gün doku profil analizi gerçekleştirmişler ve depolama süresinin artmasıyla ekmek içi sertlik değerinin arttığını, yapışkanlık değerinin azaldığını fakat esneklik değerinde doğrusal bir değişim eğilimi olmadığını belirtmişlerdir ($p<0.05$).

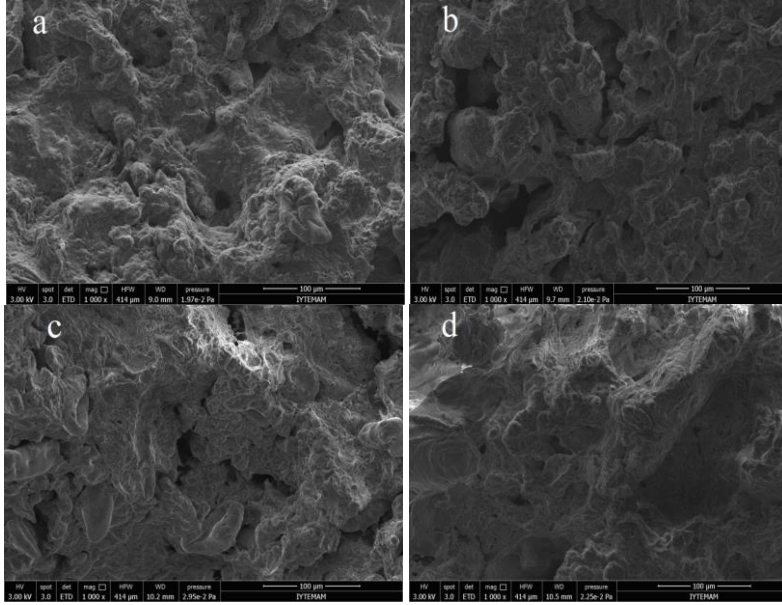
Tablo 6. Nohut unu ilaveli glutensiz ekmeklerin TPA 1. ve 3. gün analiz sonuçları

Gün	Ekmek Çeşidi	Sertlik (N)	Çignenebilirlik (N)	Esneklik	Yapışkanlık
1.Gün	%0 NU	9.54 ^a	3.54 ^a	0.98 ^a	0.38 ^a
	%20 NU	10.76 ^b	4.36 ^b	0.97 ^a	0.42 ^b
	% 40 NU	18.65 ^c	7.59 ^c	0.97 ^a	0.42 ^b
	%60 NU	28.71 ^d	11.86 ^d	0.94 ^a	0.44 ^b
3.Gün	%0 NU	9.54 ^a	4.32 ^a	1.00 ^a	0.45 ^b
	%20 NU	21.52 ^b	8.48 ^b	0.97 ^a	0.41 ^a
	% 40 NU	31.57 ^c	12.92 ^c	0.99 ^a	0.41 ^a
	%60 NU	51.21 ^d	23.16 ^d	0.97 ^a	0.47 ^b

^{a-d}: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan fark olduğunu göstermektedir ($p<0.05$)



Şekil 3. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri, a) patates nişastası, b) nohut unu, c) esmer pirinç unu.



Şekil 4. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri
a) %0 NU, b) %20 NU, c) %40 NU, d) %60 NU

Glütensiz ekmeklerin üretimi için kullanılan un ve nişasta örneklerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 3'de görülmektedir. Karşılaştırma yapabilmek için tüm örnekler aynı oranda büyütülmüştür. Patates nişastasının oval yapıda, nohut unu ve esmer pirinç ununun düzensiz yapıda olduğu; partikül çapı büyüklüğünün en fazla patates nişastasında onu nohut unu ve esmer pirinç unu takip etmektedir.

Glütensiz ekmek örneklerinin ekmek içi taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4'de görülmektedir. Kontrol grubu ekmekleri gözenekli ve pürüzlü yapıdayken, nohut unu miktarındaki artışın ekmek yapısını daha düzenli hale getirdiği gözlemlenmiştir.

Duyusal Analiz

Glütensiz ekmek örneklerinin farklı kalite kriterlerinin duyu analizi değerlendirilmesi sıralama testi yapılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. %40 NU hem lezzet hem de genel beğeni yönünden istatistiksel olarak en yüksek puanı alırken %0 NU (kontrol) ekmeği en düşük değerleri almıştır. %60 NU; ekmek içi sertlik değeri daha fazla, renk değeri daha koyu ve lezzet değerinin daha düşük olması sebebiyle tüketici tarafından genel beğenisi %40 NU'a göre daha düşük bulunmuştur. Duyusal test sonucu elde edilen ekmek içi sertlik ve ekmek içi renk değerleri ile enstrümantal olarak elde edilen değerler birbirleriyle uyum göstermektedir. Nohut unu miktarının artmasıyla ekmek içi koyuluk değerinin arttığı hem duyu analizi hem de enstrümantal olarak belirlenmiş ve sarılığın artması panelistler tarafından daha çok beğenilmiştir.

Tablo 8. Nohut unu ilaveli glütensiz ekmeklerin duyu analizi değerlendirme verilerinin varyans analizi sonuçları

Ekmek Çeşidi	Lezzet	Ekmek İçi Rengi	Ekmek İçi Sertlik	Genel Beğeni
%0 NU (Kontrol)	1.90 ^a	1.00 ^a	1.45 ^a	1.65 ^a
%20 NU	2.70 ^b	2.05 ^b	1.75 ^a	2.80 ^b
%40 NU	2.85 ^b	3.30 ^c	3.20 ^b	2.90 ^b
%60 NU	2.55 ^{a,b}	3.65 ^c	3.60 ^b	2.65 ^b

^{a-c} aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan fark olduğunu göstermektedir. Duyusal analiz puanlaması 1 (en az veya en açık)- 4(en çok veya en koyu) aralığında değişmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, esmer pirinç unu ve patates nişastası içeren glutensiz ekmekler nohut unu ile zenginleştirilmiştir. Üretilen glutensiz ekmekler kimyasal kompozisyon, renk, tekstürel ve duysal özellikler açısından değerlendirilmiştir. Nohut unu ilavesi glutensiz ekmek örneklerinin kimyasal kompozisyonu (protein ve kül miktarını arttırmış) iyileştirmiştir. Çalışma sonucunda %40 nohut unu içeren glutensiz ekmek örnekleri hem ekmek kalitesi açısından hem de duysal olarak tüketiciye hitap etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı (2014-3) kapsamında TÜBİTAK ve Ege Üniversitesi 15-MÜH-064 numaralı Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] AACC (American Association of Cereal Chemists), 2000. Approved methods of the AACC. 10th ed., St. Paul, MN: (Method 02-52).
- [2] AACC (American Association of Cereal Chemists), 2000. Approved methods of the AACC. 10th ed., St. Paul, MN: (Method 46-30).
- [3] Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Capellas, M., 2015. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology* 62(1): 225-232.
- [4] Aider, M., Sirois-Gosselin, M., Boye, J.I., 2012. Pea, lentil and chickpea protein application in bread making. *Journal of Food Research* 1(4): 160-173.
- [5] Alajaji, S.A., El-Adawy, T.A., 2006. Nutritional Composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 806-812.
- [6] Alaunyte, I., Stojceska, V., Plunkett, A., Ainsworth, P., Derbyshire, E., 2012. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science* 55(1): 22-30.
- [7] Altuğ-Onoğur, T., Elmacı, Y., 2011. Gıdalarda duysal değerlendirme, Sidas, İzmir, Türkiye, 50s.
- [8] Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E.K., Gallagher E., 2010. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *Journal European Food Research and Technology* 230: 437-445.
- [9] Angioloni, A., Collar, C., 2012. High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. *European Food Research and Technology* 234(2): 273-284.
- [10] AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995a. Official methods of analysis, 16th ed., Gaithersburg, MD: (Method 925.10).
- [11] Artan, R., 2012. Çölyak hastalığında gelişmeler. *Türkiye Klinikleri Journal of Pediatrical Sciences* 8(1): 48-55.
- [12] Blandino, A., Al-Aseeri, M.E., Pandiella, S.S., Canterob, D., Webba, C., 2003. Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Research International* 36(3): 527-543.
- [13] Bojnanská, T., Francáková, H., Lísková, M., Tokár, M., 2012. Legumes-The alternative raw materials for bread production. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 1: 876-886.
- [14] Cao, X., Wen, H., Li, C., Gu, Z., 2009. Differences in functional properties and biochemical characteristics of congenetic rice proteins. *Journal of Cereal Science* 50(2): 184-189.
- [15] de Almeida Costa, G.E., da Silva Queiroz-Monici, K., Reis, S.M.P.M., de Oliveira, A.C., 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry* 94(3): 327-330.
- [16] Deepa, G., Singh, V., Naidu, K. A., 2008. Nutrient composition and physicochemical properties of Indian medicinal rice-Njavara. *Food Chemistry* 106(1): 165-171.
- [17] Fasano, A., Catassi, C., 2001. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology* 120(3): 636-651.
- [18] Fenn, D., Lukow, O.M., Humphreys, G., Fields, P.G., Boye, J. I., 2010. Wheat-legume composite flour quality. *International Journal of Food Properties* 13(2): 381-393.
- [19] Fujihara, S., Sasaki, H., Aoyagi, Y., Suguhara T., 2008. Nitrogen to protein conversion factors for some cereal products in Japan. *Journal of Food Science* 73(3): 204-209.
- [20] Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2003. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology* 218(1): 44-48.
- [21] Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering* 56(2): 153-161.
- [22] Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology* 15(3): 143-152.
- [23] Gambus H., Nowotna A., Ziobro R., Gumul D., Sikora M., 2001. The Effect of Use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. *Electronic Journal Polish Agricultural University* 4(2): 1-13.
- [24] García-Manzanares, Á., Lucendo, A.J., 2011. Nutritional and dietary aspects of celiac disease. *Nutrition in Clinical Practice* 26: 163-173.
- [25] Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., Fernández, E., 2008. Studies on cake quality made

- of wheat–chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology* 41(9): 1701-1709.
- [26] Graham, P.H., Vance C.P., 2003. Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. *Plant Physiology* 131(3): 872-877.
- [27] Gujral, H.S., Rosell, C.M., 2004. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Research International* 37: 75–81.
- [28] Gularte, M.A., de la Hera, E., Gómez, M., Rosell, C.M., 2012. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food Science and Technology* 48(2): 209-214.
- [29] Hager, A.S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., Arendt, E.K., 2012. Nutritional properties and ultrastructure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science* 56: 239-247.
- [30] ICC (International Association for Cereal Science and Technology), 1990. Determination of Ash in Cereals and Cereal Products. 104/1, Vienna.
- [31] Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., Khan, M.S., 2006. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry* 9(2): 331-335.
- [32] Kaur, M., Singh, N., 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 91(3): 403-411.
- [33] Khan, M.A., Akhtar, N., Ullah, I., Jaffery, S., 1995. Nutritional evaluation of desi and kabuli chickpeas and their products commonly consumed in Pakistan. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 46(3): 215-223.
- [34] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. Biliaderis, C.G., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering* 79: 1033–1047.
- [35] Malekzadeh, R., Sachdev, A., Ali, A.F., 2005. Coeliac disease in developing countries: Middle East, India and North Africa. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology* 19(3): 351-358.
- [36] Mariotti, M., Lucisano, M., Pagani, M.A., Ng, P.K.W., 2009. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Research International* 42: 963–975.
- [37] Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M., 2012. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science* 56: 476-481.
- [38] Mohammed, I., Ahmed, A.R., Senge, B., 2014. Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. *Journal of Food Science and Technology* 51(9): 1902-1910.
- [39] Mohammed, I., Ahmed, A.R., Senge, B., 2012. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products* 36: 196-202.
- [40] Moore, M., Bello, F.D., Arendt, E.K., 2008. Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread. *European Food Research and Technology* 226: 1309–1316.
- [41] Moore, M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H., Arendt, E.K., 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry* 83: 28-36.
- [42] Moore, M., Schober, T., Dockery, P., Arendt, E.K., 2004. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry* 81: 567-575.
- [43] Nunes, M.H.B., Moore, M.M., Ryan, L.A.M., Arendt, E.K., 2009. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. *European Food Research Technology* 228: 633–642.
- [44] Olexova, L., Dovičovičová, L., Švec, M., Siekel, P., Kuchta, T., 2006. Detection of gluten-containing cereals in flours and “gluten-free” bakery products by polymerase chain reaction. *Food Control* 17(3): 234-237.
- [45] Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., Lindhauer, M.G., 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT-Food Science and Technology* 44(3): 681-686.
- [46] Ortiz-Sánchez, J.P., Cabrera-Chávez, F., de la Barca, A.M.C., 2013. Maize prolamins could induce a gluten-like cellular immune response in some celiac disease patients. *Nutrients* 5(10): 4174-4183.
- [47] Osundahunsi, O.F., Fagbemi, T.N., Kesselman, E., Shimoni, E., 2003. Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(8): 2232-2236.
- [48] Özcan, T., Delikanlı, B., Akın, Z., 2015. Bioactive components of soybeans and their health effects. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 3(6): 350-355.
- [49] Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A., Schoenlechner, R., 2012. Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science* 56(2): 389-395.
- [50] Pruska-Kedzior, A., Kedzior, Z., Goracy, M., Pietrowska, K., Przybylska, A., Szychalska, K., 2008. Comparison of rheological, fermentative and baking properties of gluten-free dough formulations. *European Food Research and Technology* 227: 1523–1536
- [51] Ravi, R., Harte, J.B., 2009. Milling and physicochemical properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89(2): 258-266.
- [52] Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Pérez, G.T., Beltramo, D.M., León, A.E., 2004. Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(14): 1969-1974.
- [53] Rubiales D, Mikic A., 2015. Introduction: legumes in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 34: 2-3.

- [54] Schober, T.J., Bean, S.R., Boyle, D.L., 2007. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55: 5137-5146.
- [55] Schuppan, D., Dennis, M. D., Kelly, C. P., 2005. Celiac disease: epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and nutritional management. *Nutrition in Clinical Care* 8(2): 54-69.
- [56] Singh, U., Jambunathan, R., 1980. Evaluation of rapid methods for the estimation of protein in chickpea. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31: 247-254.
- [57] Singh, N., Verma, P., Pandey, B.R., 2012. Therapeutic potential of organic *Triticum aestivum* linn. (wheat grass) in prevention and treatment of chronic diseases: An overview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* 4(1): 10-14.
- [58] Singh, R.J., Chung, G.H., Nelson, R.L., 2007. Landmark Research in Legumes. *Genome* 50(6): 525-537.
- [59] Tangüler, H., Eleroğlu, H., Özer, E.A., Işıklı, N.D., 2015. Our traditional dessert which is to be forgotten: UĞUT. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 3(7):604-609.
- [60] Tharanathan, R.N., Mahadevamma, S., 2003. Grain Legumes-a boon to human nutrition. *Trends in Food Science and Technology* 14(12): 507-518.
- [61] Trinidad, T.P., Mallillin, A.C., Valdez, D.H., Loyola, A.S., Askali-Mercado, F.C., Castillo, J.C., Encabo, R.R., Masa, D.B., Maglaya, A.S., Chua, M.T., 2006. Dietary fiber from coconut flour: A functional food. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 7(4): 309-317.
- [62] Türksoy, S., Özkaya B., 2006. Gluten ve Çölyak hastalığı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, 2006, Bolu, Türkiye, 807-810s.
- [63] Uluöz, M., 1965. Buğday Un ve Ekmek Analiz Metotları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:29, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.
- [64] USDA, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4859?fg=&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=chickpeas>: Erişim Tarihi: Kasım, 2015.
- [65] Xu, J., Zhang, H., Guo, X., Qian, H., 2012. The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92(2): 380-387.
- [66] Yamsaengsung, R., Schoenlechner, R., Berghofer, E., 2010. The effects of chickpea on the functional properties of white and whole wheat bread. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 610-620.
- [67] Yayla, D., Çakmak, S. K., Artüz, F., Tamer, E., Köseoglu, T., Yozgatli, A., 2015. Çölyak hastalarında mukokütanöz bulguların sıklığı. *Turkderm* 49(4): 253-256.
- [68] Zafar, T.A., Al-Hassawi, F., Al-Khulaifi, F., Al-Rayyes, G., Waslien, C., Huffman, F.G., 2015. Organoleptic and glycemic properties of chickpea-wheat composite breads. *Journal of Food Science and Technology* 52(4): 2256-2263.
- [69] Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C., 2002. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology* 37(8): 849-868.